

## Leistungsdiagnostik im Bouldern: Ist die Trainingssteuerung anhand der Kreatinkinase-Bestimmung sinnvoll?

Dr. Jerry Medernach

*Institute of Outdoor and Environmental Science, German Sport University Cologne*

**ABSTRACT:** In der vorliegenden Studie wurde überprüft, ob die Kreatinkinase (CK)-Bestimmung im Blutserum sinnvoll zur Trainingssteuerung im Leistungsbouldern eingesetzt werden kann. Hierfür wurden die CK-Werte 24 Stunden, 48 Stunden und 72 Stunden *a posteriori* von (a) einem Boulderwettkampf, (b) einer Boulder-Trainingseinheit und (c) einer hochspezifischen Fingerkraft-Trainingseinheit am Vibrationsboard bei fortgeschrittenen männlichen Boulderern ( $n = 33$ ;  $26,6 \pm 0,4$  Jahre,  $6,8 \pm 1,3$  Jahre Bouldererfahrung) überprüft. Die CK-Werte erreichten 24 Stunden nach dem Boulderwettkampf einen Maximalwert von  $196,6 \pm 51,8$  U/L. Eine leichte Abnahme erfolgte nach 48 Stunden ( $183,9 \pm 33,6$  U/L) bis hin zu  $67,8 \pm 17,9$  U/L nach 72 Stunden. Vergleichbare Ergebnisse wurden für die Trainingseinheit am Vibrationsboard ( $212,1 \pm 112,5$  U/L,  $167,7 \pm 42,8$  U/L und  $134,5 \pm 49,8$  U/L) und beim Bouldern ( $134,4 \pm 92,0$  U/L,  $78,3 \pm 44,8$  U/L und  $48,6 \pm 36,1$  U/L) beobachtet. Trotz hoher bis maximaler Belastungsintensitäten, lagen alle CK-Werte in der vorliegenden Studie im Bereich der Ruhereferenzwerte ( $< 200$  U/L). Diese Befunde lassen vermuten, dass die CK-Analyse zur retrospektiven Beurteilung der Trainingseinheiten und zur Trainingssteuerung im leistungsorientierten Bouldersport nicht sinnvoll eingesetzt werden kann.

**KEY WORDS:** Bouldern, Kreatinkinase, Leistungsdiagnostik, Trainingssteuerung

**EINLEITUNG:** Die im Blutserum messbare Gesamtaktivität der Kreatinkinase (CK) wird in der Leistungsdiagnostik zur Intensitätsbestimmung muskulärer Belastungen und zur Überprüfung von Mikrotraumata eingesetzt (Barroso et al., 2019; Brancaccio et al., 2007; Fachina et al., 2013; Koch et al., 2014). Durch die muskuläre Beanspruchung können infolge von intensiven Trainingsreizen mit hohen Belastungsintensitäten akute Schäden im Sarkolemm und in den Z-Scheiben entstehen (Machado et al., 2012), wodurch die Durchlässigkeit der Zellmembran erhöht wird (u.a. Fabian, K. 2012) und mit zunehmender Muskelzellschädigung verstärkt CK aus der Muskelzelle ins Blut gelangen kann (Koch et al., 2014). Der CK-Gesamtwert im Serum besteht beim gesunden Sportler trotz mehrerer Isoformen überwiegend aus der, in der Skelettmuskelzelle vorkommenden, CK-MM Isoform (Brancaccio et al., 2008). Erhöhte

Werte post Training sind i.d.R. erst nach 6-8 Stunden zu erwarten (Koch et al., 2014) und nach 24 Stunden können die CK-Werte infolge eines Krafttrainings um 50-100% des Ausgangswertes ansteigen (u.a. Hollmann & Strüder, 2009). Deutlich erhöhte CK-Werte sind bis ca. 24 Stunden nach Belastung zu verzeichnen, wobei insbesondere nach exzentrischem Krafttraining CK-Werte von 300-6.000+ auch erst nach 24-96 Stunden erreicht werden können (u.a. Nosaka et al., 2002).

**METHODIK:** Die bisherigen Befunden lassen vermuten, dass die CK-Bestimmung im Leistungs-Bouldern zur Trainingssteuerung sinnvoll eingesetzt werden könnte, insbesondere dann, wenn Trainingsspitzen mit gegebenenfalls mehreren Trainingseinheiten an einem Tag erfolgen (Fabian, K. 2012). Im Klettersport gibt es bislang allerdings keine Forschungsarbeiten, in denen die CK-Werte im Anschluss an unterschiedliche Trainingseinheiten erforscht wurden. Zur Überprüfung der Einsetzbarkeit der Kreatinkinase-Bestimmung als Medium für die Trainingssteuerung wurden in der vorliegenden Studie die CK-Werte 24 Stunden, 48 Stunden und 72 Stunden *a posteriori* von (a) einem Boulderwettkampf, (b) einer Boulder-Trainingseinheit und (c) einer hochspezifischen Fingerkraft-Trainingseinheit am Vibrationsboard überprüft (vgl. Tabelle 1). Die Studie wurde mit Zustimmung der Ethikkommission der Deutschen Sporthochschule Köln, sowie in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki und den *Ethical Standards in Sport and Exercise Science Research* des *International Journal of Sports Medicine* (Harriss & Atkinson, 2013) durchgeführt. Alle Probanden mussten im Vorfeld der Untersuchung eine Pausendauer von mindestens 48 Stunden gewährleisten. Überdies durften keine schweren, körperlichen Aktivitäten (e.g. Sportliche Belastung, schwere körperliche Arbeit) bis zur finalen CK-Erhebung erfolgen. Die Bestimmung der CK-Aktivität erfolgte mit dem Vario Photometer II von Diaglobal. 60  $\mu$ L venöses Kapillarblut wurden mit Hilfe einer *End-to-End* Kapillare aus dem Ohrläppchen entnommen, eine Minute zentrifugiert (Sprout, 6.000 UpM) und anschließend während fünf Minuten inkubiert ( $37^{\circ}\text{C}$  nach den Vorgaben der *International Federation of Clinical Chemistry*). Als Ergänzung zu der physiologischen Messgröße wurde die wahrgenommene „Aktiviertheit“ der Probanden mithilfe einer sechsstufigen (0 = gar nicht; 5 = völlig) WKV-Ratingskala zur Verlaufskontrolle der körperlichen Befindlichkeit erhoben (Kleinert, J. 2006). Die Erhebung der WKV<sub>Aktiviertheit</sub> erfolgte in körperlicher Ruhe vor jeder CK-Messung. Weiterhin wurde nach Trainingsende das subjektive Anstrengungsempfinden anhand der RPE-Skala (*ratings of perceived exertion*) erhoben (Borg, G. 2004).

## Dr. Jerry Medernach: Leistungsdiagnostik im Bouldern: Ist die Trainingssteuerung anhand der Kreatinkinase-Bestimmung sinnvoll?

**Tabelle 1.** Aufbau der Studie zur Überprüfung der CK-Werte im Bouldern ( $\bar{x} \pm s$ ).

	<b>Boulderwettkampf<sup>1</sup></b>	<b>Bouldern<sup>2</sup></b>	<b>Vibrationsboard<sup>3</sup></b>
<b>Beschreibung</b>	CK-Werte 24, 48 und 72 Stunden post Wettkampf	CK-Werte 24, 48 und 72 Stunden post Boulder-Training	CK-Werte 24, 48 und 72 Stunden post Training am Vibrationsboard
<b>Dauer (min)</b>	240	150	150
<b>n</b>	12 (männlich)	12 (männlich)	9 (männlich)
<b>Alter (Jahre)</b>	27,0 ± 5,2	26,3 ± 5,1	26,4 ± 4,4
<b>Größe (cm)</b>	178,6 ± 7,4	178,2 ± 8,2	178,2 ± 3,5
<b>Gewicht (kg)</b>	70,3 ± 6,5	69,4 ± 5,9	70,5 ± 5,6
<b>Klettererfahrung (Jahre)</b>	8,3 ± 3,1	6,2 ± 2,5	5,9 ± 2,2
<b>Leistungsniveau (S-Score<sup>4</sup>)</b>	Fortgeschritten 10,0 ± 0,7	Fortgeschritten 9,9 ± 0,7	Fortgeschritten 9,8 ± 0,8

<sup>1</sup> Wettkampf mit 50 Boulder ohne IFSC-Rotationsmodus.

<sup>2</sup> 150 min intensives Bouldern.

<sup>3</sup> Hochspezifisches Trainingsmedium für den Leistungsbereich (vgl. Medernach et al., 2015).

<sup>4</sup> Vgl. Draper et al. (2011).

**ERGEBNISSE:** Die RPE betrug als Ausdruck hoher bis maximaler Belastungen unmittelbar nach dem Boulderwettkampf den Wert  $17,3 \pm 1,7$  („sehr anstrengend“), nach der Boulder-Trainingseinheit den Wert  $15,4 \pm 1,3$  („anstrengend“) und nach dem Training am Vibrationsboard den Wert  $18,6 \pm 1,2$  („sehr sehr anstrengend“). Die CK-Werte (vgl. Abbildung 1) erreichten 24 Stunden nach dem Boulderwettkampf einen Maximalwert von  $196,6 \pm 51,8$  U/L. Eine leichte Abnahme erfolgte nach 48 Stunden ( $183,9 \pm 33,6$  U/L) bis hin zu  $67,8 \pm 17,9$  U/L nach 72 Stunden. Vergleichbare Ergebnisse wurden für die Trainingseinheit am Vibrationsboard ( $212,1 \pm 112,5$  U/L,  $167,7 \pm 42,8$  U/L und  $134,5 \pm 49,8$  U/L) und beim Bouldern ( $134,4 \pm 92,0$  U/L,  $78,3 \pm 44,8$  U/L und  $48,6 \pm 36,1$  U/L) beobachtet.

**DISKUSSION:** Höhere CK-Werte nach 72 Stunden beim Training am Vibrationsboard ( $\approx 135$  U/L) im Vergleich zum Boulderwettkampf ( $\approx 70$  U/L) und zur Bouldereinheit ( $\approx 50$  U/L) können möglicherweise durch die ungewohnte Belastung beim Vibrationstraining erklärt werden. Trotz hoher bis maximaler Belastungsintensitäten und einer deutlich niedrigeren WKV<sub>Aktiviertheit</sub> 24 Stunden post Wettkampf ( $2,0 \pm 0,7$ ), Bouldern ( $2,7 \pm 0,8$ ) und dem Training am Vibrationboard ( $2,4 \pm 0,7$ ) im Vergleich zu den Befunden 48 Stunden post Belastung

( $3,3 \pm 1,0$ ,  $3,9 \pm 0,3$  und  $3,5 \pm 0,7$ ) und 72 Stunden post Belastung ( $4,1 \pm 0,7$ ,  $4,3 \pm 0,6$  und  $4,3 \pm 0,4$ ), liegen alle CK-Werte in der vorliegenden Studie im Bereich der Ruhereferenzwerte ( $< 200$  U/L). Eine bedeutende Steigerung der CK-Werte konnte demnach nicht beobachtet werden, während ein deutlicher Rückgang der CK-Werte bei anhaltender Ruhephase innerhalb von 48-96 Stunden bei allen drei Untersuchungen festgestellt werden konnte. In einer älteren Studie von Clarkson et al. (1985) wurden infolge von isometrischen Belastungen der Ellenbogenbeuger ebenfalls CK-Werte im Bereich von 200-250 U/L beobachtet. Demgegenüber diagnostizierten Clarkson et al. (1992) 96 Stunden nach maximaler exzentrischer Beanspruchung der Ellenbogenflexoren (zwei Sätze mit jeweils 35 maximalen Muskelkontraktionen) maximale CK-Werte von durchschnittlich ca. 2.500 U/L. Nosaka et al. (2002) beobachteten 48 Stunden post exzentrischer Belastungen der Ellenbogenflexoren CK-Werte über 1.000 U/L und 96 Stunden post Belastung Peak-Werte von ca. 5.500 U/L. Und Barroso et al. (2010) untersuchten die CK-Werte nach exzentrischer Belastung der Ellenbogenflexoren mithilfe eines isokinetischen Dynamometers und ermittelten nach 48 Stunden Maximalwerte von ca. 8.000 U/L und nach 72 Stunden im Bereich von 14.500 U/L. Diese Studien zeigen, dass eine CK-Erhöhung um den Faktor 10-10.000 insbesondere post hochintensiven, exzentrischen Belastungen auftreten (Clarkson et al., 1992; Koch et al., 2014), sodass als mögliche Erklärung für die Befunde der vorliegende Studie die überwiegend isometrische Belastung der primär beanspruchten Muskelgruppen der Unterarme herangezogen werden kann. Die CK-Werte hängen zudem von der Trainingsintensität und der Belastungsdauer ab (Koch et al., 2013), da bei niedrigen bis moderaten Belastungsintensitäten die Durchlässigkeit der Zellmembran nur geringfügig erhöht wird, sodass die CK-Werte im Blut kaum ansteigen. Zu niedrige Trainingsintensitäten und eine zu kurze Belastungsdauer scheinen aufgrund der RPE- und WKV-Befunde für das Ausbleiben einer bedeutenden CK-Zunahme allerdings nicht herangezogen werden zu können. Demgegenüber gelten die Gewöhnung an die Belastung (*Repeated Bout-Effect*) und somit auch der individuelle Trainingszustand als bedeutende Einflussfaktoren auf den CK-Gehalt im Blutbild (Clarkson et al., 1992; Fabian, K. (2012); Koch et al., 2014).

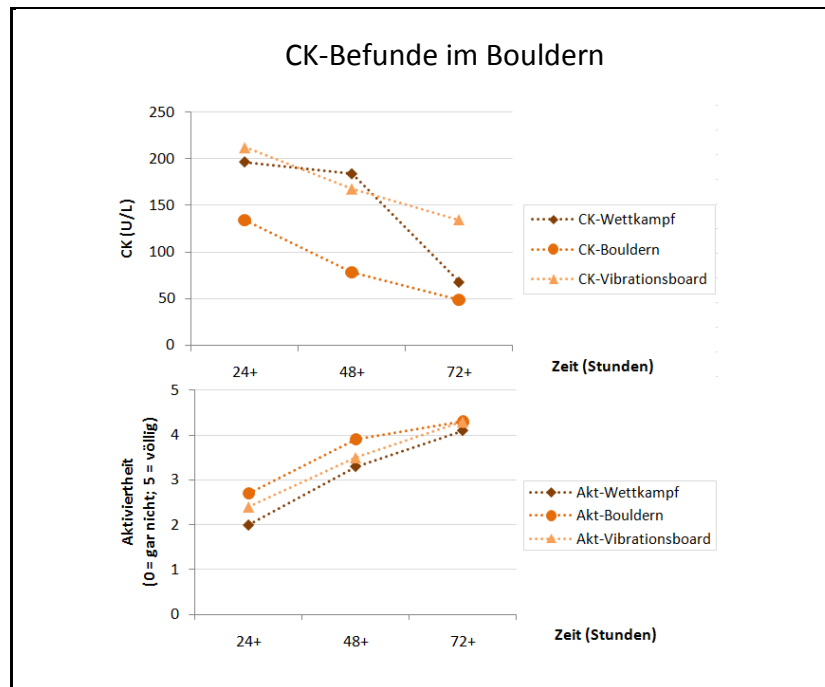


Abbildung 1. CK und WKV<sub>Aktiviertheit</sub> nach dem Boulder-Wettkampf, der Bouldereinheit und der Trainingseinheit am Vibrationsboard.

Tendenziell sind bei identischer Belastung geringere CK-Werte bei trainierten Sportlern im Vergleich zu weniger trainierten Sportlern zu beobachten (Brancaccio et al., 2007). Diesbezüglich ist zu beachten, dass die Probanden der vorliegenden Pilotstudie ein entsprechendes Leistungsniveau (7b-7b+ Fb) und eine langjährige Klettererfahrung (ca. 6-8 Jahre) aufzeigten. Weiterhin können die CK-Werte durch individuelle Faktoren (e.g. *High vs. low responder*, Alter, Geschlecht, Körpergewicht), potentielle Störvariablen wie klimatische Bedingungen (nicht erhoben), die Ernährung (e.g. Niedrigere Werte bei *branched chain amino acid* Supplementierung) oder äußere Einflussfaktoren (unbemerkte Prellung, Quetschung, Zerrung) beeinflusst werden (u.a. Clarkson et al., 1992; Machado et al., (2012).

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die niedrigen CK-Befunde der Studie, welche einer hohen interindividuellen Variabilität und zahlreichen Einflussfaktoren unterliegen, deuten trotz der niedrigen Stichprobe darauf hin, dass die CK-Analyse zur retrospektiven Beurteilung der Trainingseinheiten im leistungsorientierten Bouldersport nicht sinnvoll eingesetzt werden kann. Die Befunde lassen demnach vermuten, dass Kreatinkinase-Parameter im Bouldern nicht für die Trainingssteuerung herangezogen werden können.

**LITERATUR:**

Barroso, R., Roschel, H., Ugrinowitsch, C., Araújo, R., Nosaka, K., Tricoli, V. (2010). Effect of eccentric contraction velocity on muscle damage in repeated bouts of elbow flexor exercise. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 35, 534-540. doi: 10.1139/H10-042.

Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101 (15), 1016-1021.

Brancaccio, P., Maffulli, N., Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81-82, 209-230. doi: 10.1093/bmb/ldm014

Draper, N., Canalejo, J. C., Fryer, S., Dickson, T., Winter, D., Ellis, G., Hamlin, M., Shearman, J., North, C. (2011). Reporting climbing grades and grouping categories for rock climbing. *Isokinetics and Exercise Science*, 19, 273-280. doi: 10.3233/IES-2011-0424.

Clarkson, P. M., Litchfield, P., Graves, J., Kirwan, J., Byrnes, W. C. (1985). Serum creatine kinase activity following forearm flexion isometric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 53(4), 368-371.

Clarkson, P. M., Nosaka, K., Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(5), 512-520. doi: 0195-9131/92/2405-1253.00/0.

Fabian, K. Trainingssteuerung mit dem Blutparameter Kreatinkinase. Aus der Praxis der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung am Institut für Sport- und Rehabilitationsmedizin der Technischen Universität Dresden. Download: <http://www.uniklinikum-dresden.de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/ort/sportmedizin/> service/TSCK.pdf. 2012

Fachina, R., Da Silva, A., Falcão W., Montagner, P., Borin, J., Minozzo, F., Falcão, D., Vancini, R., Poston, B., De Lira, C. (2013). The influence of whole-body vibration on creatine kinase activity and jumping performance in young players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84, 503-511. doi: 10.1080/02701367.2013.843399.

Harriss D. J., Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 Update. *International Journal of Sports Medicine*, 34, 1025-1028. doi: 10.1055/s-0033-1358756.

Hollmann, W., Strüder, H. K. (2009). Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schattauer GmbH.

Kleinert, J. (2006). Adjektivliste zur Erfassung der wahrgenommenen körperlichen Verfassung (WKV). Skalenkonstruktion und erste psychometrische Befunde. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 13(4), 156-164.

Koch, A. J., Pereira, R., Machado, M. (2014). The creatine kinase response to resistance exercise. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 14(1), 68-77.

Machado, M., Willardson, J. M., Silva, D. P., Frigulha, I. C., Koch, A. J., Souza, S. C. (2012). Creatine kinase activity weakly correlates to volume completed following upper body resistance exercise. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 276-281.

Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P. (2002). Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 920-927.